

Metode pengukuran debit pada saluran terbuka dengan ambang tajam segitiga

DAFTAR ISI

	Hal.
1. Ruang Lingkup.....	1
2. Acuan.....	1
3. Pengertian.....	1
4. Bentuk dan Ukuran.....	1
5. Kontraksi.....	3
6. Rumus Debit.....	3
7. Batas Pemakaian dan Persyaratan.....	4
8. Rongga Udara.....	4
9. Saluran Masuk/Pengarah.....	4
10. Ambang Pada Aliran Tidak Sempurna.....	5
11. Tabung Pengukur dan Penghubung.....	5
12. Kalibrasi.....	6
 Lampiran A : Daftar Istilah.....	 7
Lampiran B : Contoh Gambar.....	B1
Lampiran C : Daftar Nama dan Lembaga.....	C1

1. Ruang Lingkup

Metode pengukuran debit pada saluran terbuka dengan ambang tajam segitiga (tipe Thompson), biasanya digunakan untuk mengukur debit dan air limbah.

Ruang lingkup yang dibahas dalam metode pengukuran ini meliputi :

- bentuk dan ukuran;
- kontraksi;
- ambang tajam segitiga;
- debit;
- batas pemakaian;
- rongga udara;
- saluran masuk/pengarah;
- ambang pada aliran tidak sempurna;
- tabung pengukur muka air dan penghubung;
- kalibrasi.
- prosedur.

2. Acuan

ASTM D 5242-92, Standard Test Methods for Open-Channel Flow Measurement of Water with Thin-Plate Weirs.

3. Pengertian

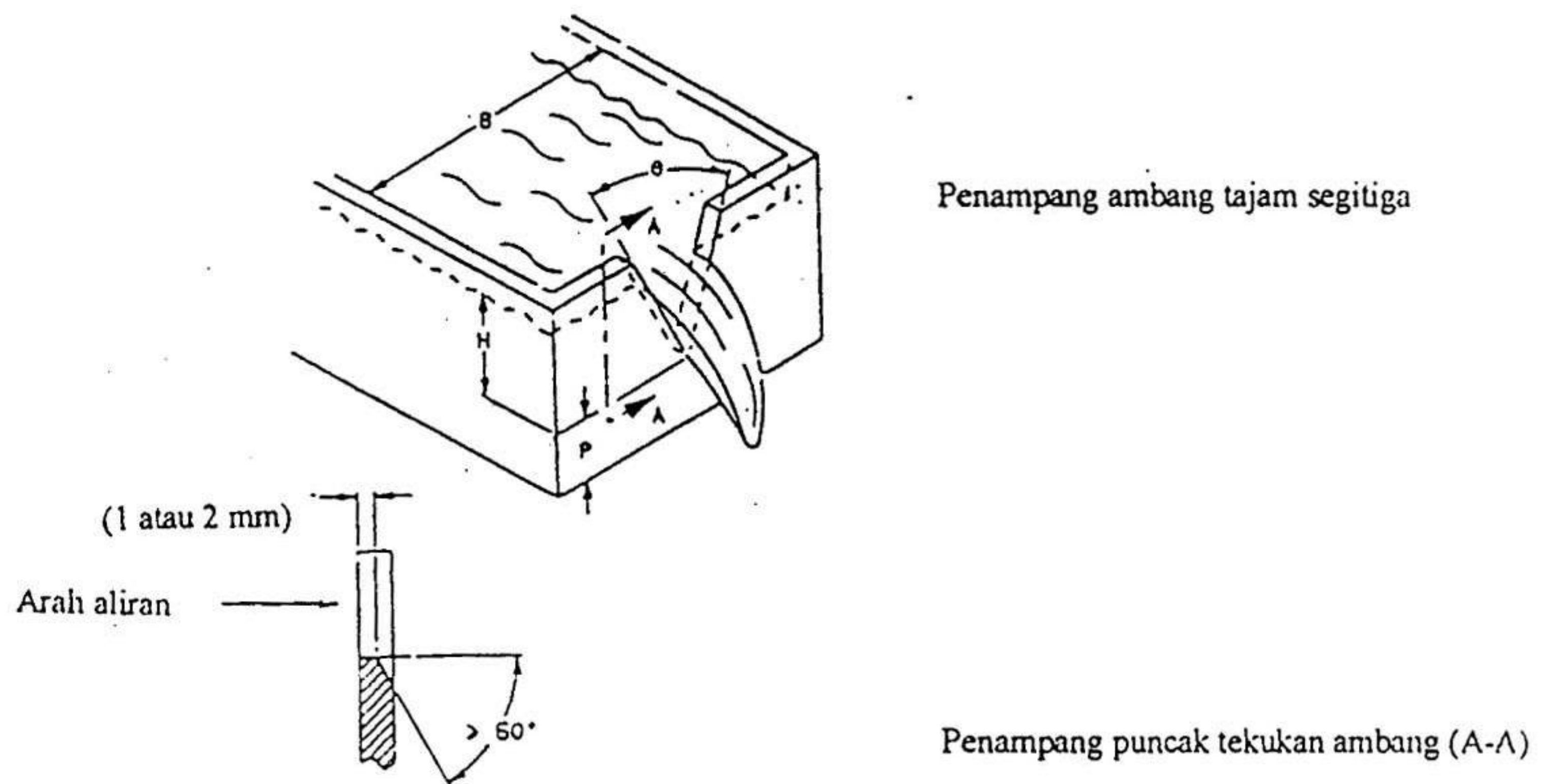
Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengukuran debit ini yaitu :

- 1) Ambang adalah bagian dasar pelimpah yang berfungsi sebagai pengukur aliran.
- 2) Ambang segitiga adalah pelat ambang tajam sangat tipis berbentuk segitiga seperti huruf V untuk pengukur debit.
- 3) Celah aliran adalah bagian bawah pelimpah pelat ambang segitiga dengan kontraksi samping.
- 4) Debit adalah volume aliran air yang mengalir per satuan waktu tertentu.
- 5) Kontraksi adalah kondisi penyempitan aliran pada ambang tajam segitiga.
- 6) Aerasi adalah pengisian udara dengan cara tertentu ke bagian bawah ambang untuk mencegah aliran melekat pada ambang.
- 7) Loncatan air adalah perubahan mendadak dari aliran super kritis ke aliran sub kritis.
- 8) Aliran kritis adalah aliran dengan kecepatan kritis dimana energi spesifiknya minimum atau bilangan Froude = 1.
- 9) Aliran super kritis adalah aliran dengan kecepatan lebih besar dari kecepatan kritis atau bilangan Froude > 1 .
- 10) Aliran sub kritis adalah aliran dengan kecepatan lebih kecil dari pada kecepatan kritis atau bilangan Froude < 1 .
- 11) Aliran tenggelam adalah aliran melalui ambang dimana tinggi muka air udik dipengaruhi oleh tinggi muka air hilir.
- 12) Muka air hilir adalah ketinggian muka air hilir tepat di bagian hilir ambang.
- 13) Instrumen sekunder atau kelengkapan pendukung adalah alat untuk mengukur ketinggian muka air tipe manual dan otomatis yang ditempatkan di udik ambang.

4. Bentuk dan Ukuran

4.1. Bentuk Penampang

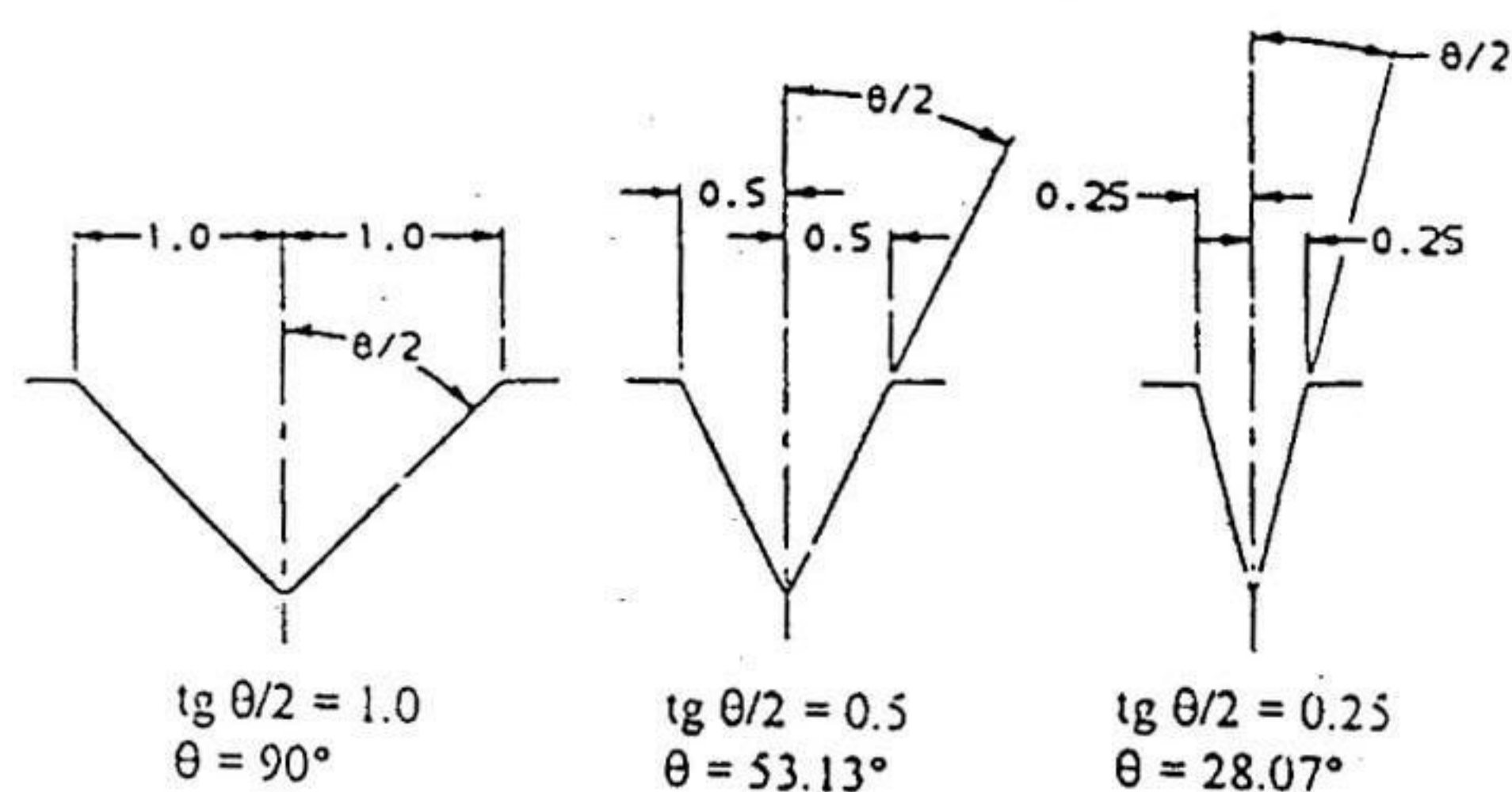
Bentuk penampang pelimpah aliran dari ambang tajam segitiga yaitu penampang berbentuk segitiga sama kaki seperti huruf V yang puncak sudut ambang mengarah ke hilir. Selanjutnya bentuk penampang dapat diperhatikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk penampang ambang tajam segitiga

4.2. Ukuran Celah

Ukuran sudut tekukan, θ , dari ambang segitiga dari hasil percobaan pengaliran berkisar antara 20° - 100° , tetapi yang umum digunakan dengan sudut tekukan 90° ($\text{tg } \theta/2 = 1$), $53,13^\circ$ ($\text{tg } \theta/2 = 0,5$) dan $28,07^\circ$ ($\text{tg } \theta/2 = 0,25$). Selanjutnya sudut tekukan dapat diperhatikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sudut celah ambang tajam segitiga

4.3. Pelat Ambang

Tebal pelat ambang dilihat dari arah aliran berkisar antara 1-2 mm. Pelat terbuat dari metal licin anti karat atau material lain yang sejenis secara fabrikasi. Puncak pelat pelimpah aliran harus tajam, licin datar dan tegak lurus terhadap muka udik ambang.

Jika pelat ambang lebih tebal dari pada 2 mm, bagian hilir kelebihanannya pada celah dimiringkan dengan sudut paling sedikit 60° (Gambar 1).

5. Kontraksi

5.1. Kondisi untuk kontraksi penuh ambang tajam segitiga yaitu :

$$H / P \leq 0,4$$

$$H / B \leq 0,2$$

$$P \geq 0,45 \text{ m}$$

$$B \geq 0,90 \text{ m dan}$$

$$0,05 \text{ m} \leq H \leq 0,38 \text{ m}$$

5.2. Kondisi untuk kontraksi sebagian (hanya untuk $\theta = 90^\circ$) yaitu :

$$H / P \leq 1,2$$

$$H / B \leq 0,4$$

$$P \geq 0,1 \text{ m}$$

$$B \geq 0,6 \text{ m dan}$$

$$0,05 \text{ m} \leq H \leq 0,6 \text{ m}$$

6. Rumus Debit

Debit yang melimpah di atas ambang tajam segitiga dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = \left(\frac{8}{15} \right) (2g)^{1/2} C_{e_t} \operatorname{tg} \left(\frac{\theta}{2} \right) (H_{e_t})^{5/2}$$

keterangan :

Q = debit (m^3/s)

C_{e_t} = koefisien debit

H_{e_t} = tinggi energi efektif (m)

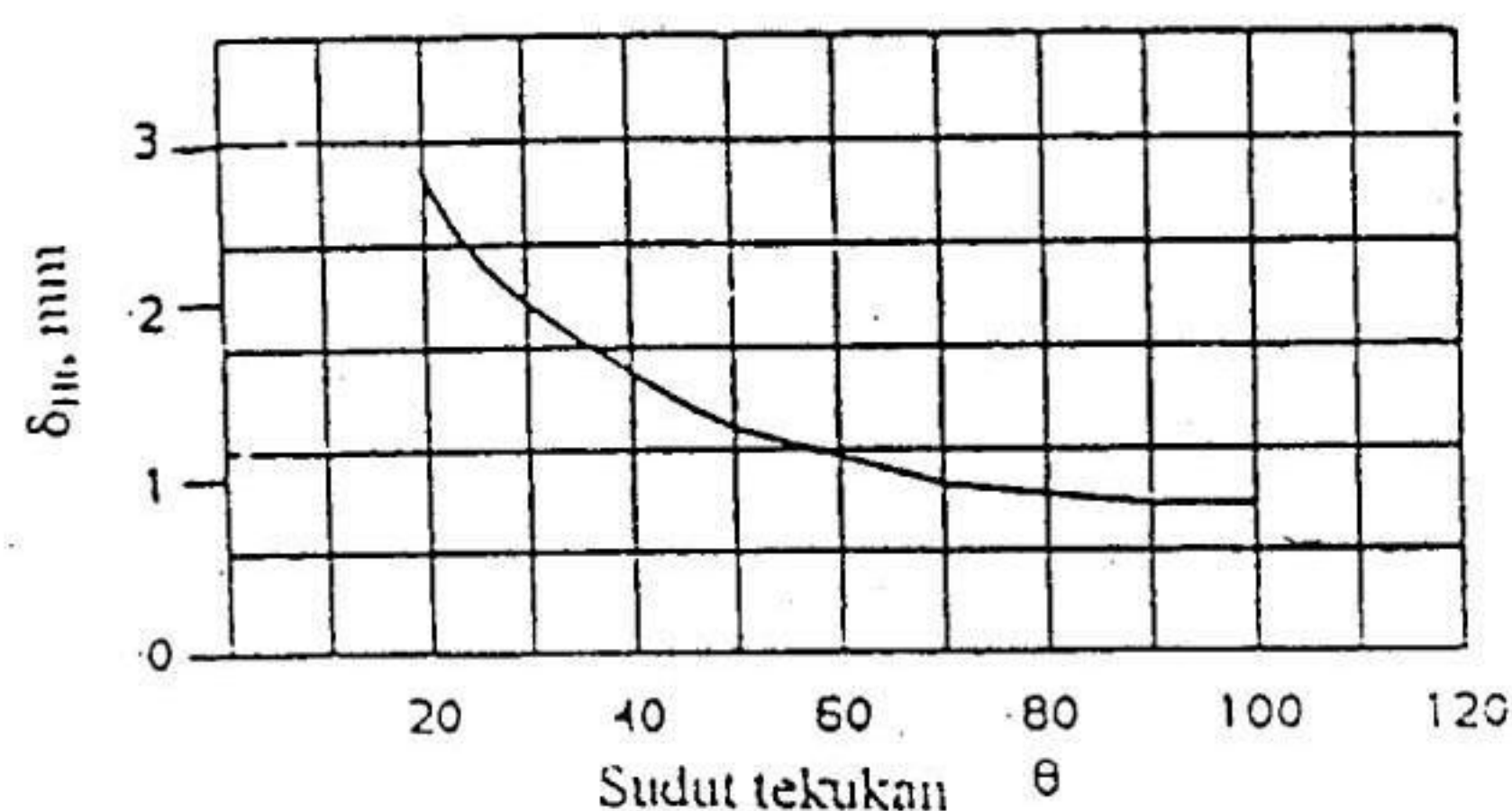
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

H_{e_t} diberikan dengan ~~percepatan~~ persamaan;

$$H_{e_t} = H + \delta H_t$$

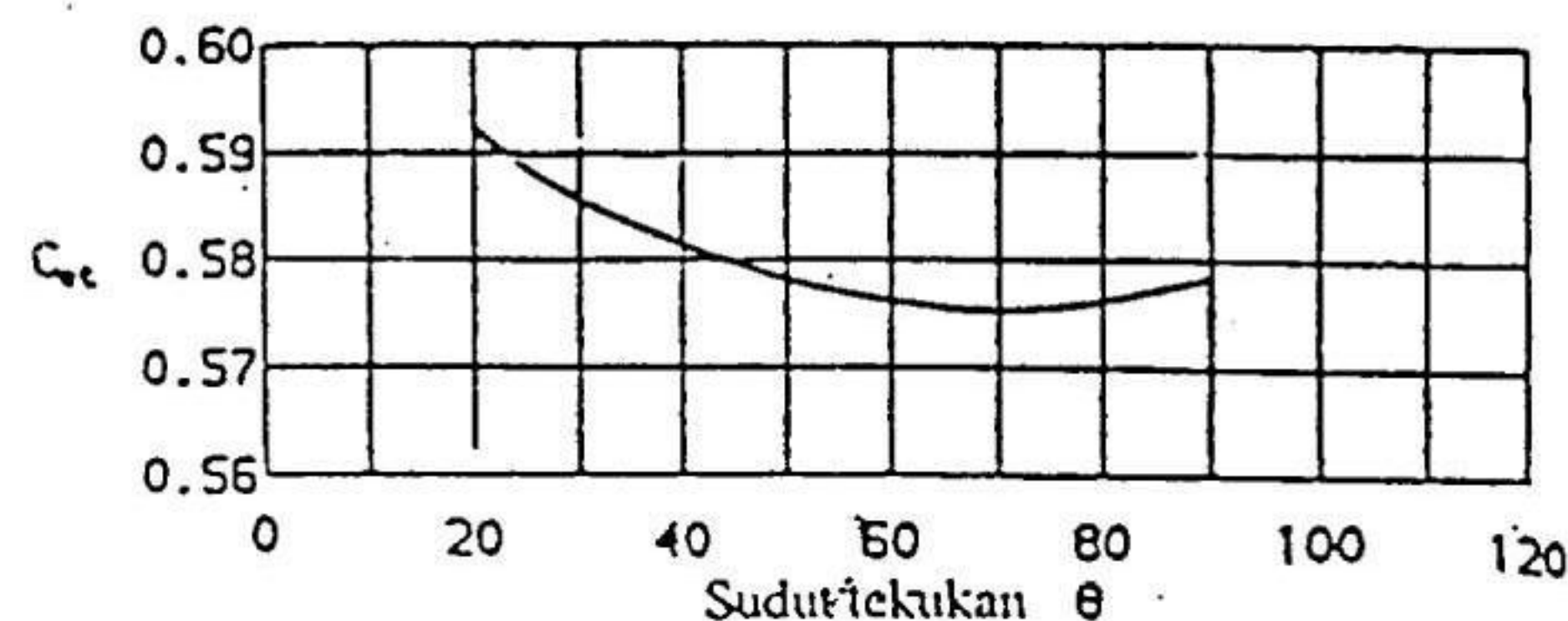
keterangan :

δH_t = pengaruh efek kombinasi dari viskositas dan tegangan permukaan pada temperatur air 4°C sampai 30°C , untuk berbagai sudut (Gambar 3).



Gambar 3. Koreksi tinggi energi, δH_t , untuk ambang tajam segitiga dengan berbagai keadaan sudut tekukan θ

Koefisien debit, C_{d1} , untuk keadaan kontraksi penuh pada ambang tajam segitiga, dan ditentukan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Koefisien debit, C_{d1} untuk ambang tajam segitiga dengan berbagai keadaan sudut tekukan θ dan hanya untuk keadaan kontraksi penuh

7. Batas Pemakaian dan Persyaratan

Batas pemakaian ambang tajam segitiga untuk tekukan bersudut 90° dengan rumus yang disebut pada butir 6 berlaku untuk kontraksi sebagian dengan kondisi seperti pada butir 5.2.

8. Fongga Udara

Untuk mencegah aliran melekat pada dinding ambang dan agar udara dapat diusahakan terus berada di bawah tekukan pelat ambang maka elevasi muka air hilir (m.a.h.) harus lebih rendah setidaknya 0,05 m di bawah sudut segitiga.

Selanjutnya perhatikan contoh gambar Lampiran B.

9. Saluran Masuk/Pengarah

9.1 Ambang tajam segitiga ini sangat peka terhadap keadaan air masuk, oleh sebab itu aliran harus tenang dan terbagi secara merata dalam penampang saluran supaya kondisi aliran mendekati hubungan debit yang diperoleh berdasarkan percobaan-percobaan. Untuk tujuan tersebut distribusi kecepatan aliran harus merata, saluran harus cukup panjang, lurus dan permukaan cukup licin. Sayangnya tidak tersedia panduan kuantitatif secara menyeluruh untuk melaksanakan anjuran-anjuran tersebut. Salah satu standar menyarankan panjang saluran masuk yang lurus sebesar 10 kali lebar saluran (lihat Gambar contoh pada Lampiran B) jika panjang ambang lebih besar dari setengah lebar saluran (lihat Gambar contoh pada Lampiran B). Akan tetapi kelokan saluran di bagian udik atau pelebaran tiba-tiba dengan jelas akan memperpanjang persyaratan saluran masuk ini. Oleh sebab itu ketepatan aliran masuk biasanya harus diperlihatkan berdasarkan kasus per kasus dengan menggunakan kecepatan balik dalam situasi yang serupa atau perkiraan analisis.

9.2 Pada beberapa keadaan dapat digunakan pelat-pelat untuk melancarkan penyebaran kecepatan. Pelat-pelat tersebut harus ditempatkan lebih dari 10 H ke arah udik lokasi pengukuran tinggi muka air.

9.3 Jika aliran dalam saluran super kritis instalasi harus di desain sedemikian rupa sehingga loncatan hidraulik terbentuk sekurang-kurangnya 30 H di bagian udik dan keseragaman penyebaran kecepatan harus diperiksa.

9.4 Bentuk saluran; lebih diutamakan saluran masuk berbentuk empat persegi sekitar ambang. Akan tetapi bentuk yang lain dapat diterima asalkan kondisi kontraksi penuh terpenuhi dan luas penampang saluran sekurang-kurangnya sama besar dengan bagian empat persegi panjang yang terkecil yang terjadi pada kontraksi penuh. Saluran empat persegi panjang diperlukan pada ambang persegi panjang bertekanan.

10. Ambang Pada Aliran Tidak Sempurna

Bagian ini memberi informasi terbatas mengenai kinerja ambang pada aliran tidak sempurna akan tetapi sangat dianjurkan bahwa instalasi ambang tajam segi tiga didisain untuk aliran sempurna. Ini karena data dasar percobaan untuk kondisi aliran tidak sempurna, tidak cukup memadai untuk sebuah metode uji standar. Selanjutnya kondisi aliran tidak sempurna memerlukan tinggi muka air tambahan (relatif terhadap mercu atau ujung sudut) diukur di bagian hilir ambang sehingga tingkat rendaman (ratio tinggi muka air bagian hilir terhadap tinggi muka air udik) dapat ditentukan; pengukuran tersebut harus dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak terpengaruh oleh gangguan-gangguan yang terjadi di bagian hilir limpasan. Perkiraan ratio tingkat aliran tidak sempurna sampai sempurna, Q_s/Q , dimana Q adalah debit hitungan keadaan aliran sempurna dari tinggi muka air udik, dapat diperoleh dari Tabel 1. Tabel menyatakan bahwa akibat pengaruh ketidak sempurnaan aliran pada ambang tajam segi tiga lebih kecil dari pada yang terjadi pada ambang empat persegi panjang.

10.1 Ditekankan bahwa Tabel 1 berdasarkan pada percobaan terbatas. Untuk ambang empat persegi panjang ketepatan mungkin tidak lebih baik dari 5% ratio terendam, di atas atau kira-kira 0,50 dan kecil dari harga H/P . Ketepatan untuk ambang segitiga 90° tidak dapat diukur tetapi diharapkan bahwa ketepatan tersebut lebih baik dari pada yang terdapat pada ambang empat persegi panjang.

11. Tabung Pengukur dan Penghubung

11.1 Tabung pengukur muka air dianjurkan untuk pengukuran tinggi muka air yang tepat; itu diperoleh jika digunakan pelampung berbentuk selinder yang ditopang tiang atau jika permukaan air dalam saluran bergelombang atau beriak.

11.2 Lahan sisi tabung pengendap ditentukan oleh persyaratan pada instrumen sekunder.

Tabel 1. Koreksi keadaan terendam

Rasio Terendam	Q_s/Q 90° Tekukan segi tiga
0	1,000
0,1	0,999
0,2	0,993
0,3	0,981
0,4	0,960
0,5	0,928
0,6	0,882
0,7	0,816
0,8	0,721
0,9	0,569

Sebagai contoh ruang bersih antara pelampung dan tembok tabung pengukur muka air harus sekurang-kurangnya 3 cm dan harus ditingkatkan sampai 7,6 cm jika tabung pengukur muka air terbuat dari beton atau bahan kasar lain, diameter pelampung sendiri sebagian ditentukan oleh log error yang diizinkan. Alat sensor lain juga dapat menentukan persyaratan ukuran tabung pengukur dan luas maksimum harus dibatasi. Tinggi tabung pengukur muka air harus mencukupi, untuk mengantisipasi perbedaan tekanan yang telah diketahui.

11.3 Tabung pengukur muka air dan pipa penghubung harus anti bocor. Juga harus dilakukan pembersihan dan penggelontoran tabung pengukur muka air maupun pipa penghubung untuk membuang bahan padat yang tertumpuk. Dianjurkan juga untuk menambahkan air bersih dalam jumlah kecil untuk menjaga supaya tabung pengukur, pipa penghubung, dan bagian lain tetap bersih. Aliran air tersebut harus dijaga tetap rendah sehingga tidak menimbulkan peningkatan dalam tabung pengukur muka air.

Catatan : Walaupun ambang tajam tidak akan digunakan dalam aliran dengan beban partikel padat tetapi terdapat kemungkinan terjadi penumpukan endapan jika dilakukan pengolahan air limbah, untuk itu harus ditambah dengan alat pembilas.

11.4 Bukaannya pada tembok sisi saluran sebagai penghubung langsung dengan tabung pengukur muka air atau melalui pipa harus sekurang-kurangnya berada 0,06 m di bawah muka air minimum dan mempunyai sambungan tegak lurus dengan dinding. Dinding tidak boleh kasar (sekurang-kurangnya sama dengan permukaan beton yang halus) dan berada pada radius sekurang-kurangnya 10 kali diameter lubang sekeliling pusat lubang. Lubang atau pipa harus cukup kecil untuk membasahi permukaan secara efektif tetapi jangan terlalu kecil sehingga menyebabkan hambatan pada aliran atau sangat sulit untuk tetap terbuka. Untuk aliran air bersih yang cukup tetap diperlukan diameter sebesar 1,3 cm. Jika aliran deras maka ukuran pipa penghubung yang diperlukan untuk membatasi air dalam tabung pengukur muka air dapat ditentukan berdasarkan prinsip-prinsip hidraulik.

11.5 Kelengkapan Pendukung

11.5.1 Sistem kelengkapan pendukung untuk melakukan pemantauan ketinggian muka air secara terus-menerus sekurang-kurangnya memerlukan alat ukur kedalaman (tinggi muka air) dan sebuah pencatat yang memungkinkan pengguna untuk menentukan debit dari hubungan tinggi muka air-debit. Cara lain adalah bahwa sistem kelengkapan pendukung dapat mengubah tinggi muka air terukur menjadi debit yang tercatat, atau kedua-duanya dan menjumlahkan aliran untuk seterusnya melanjutkan informasi ke lokasi pusat.

11.5.2 Pengukuran tinggi muka air secara terus menerus dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa tipe alat ukur, tetapi tidak terbatas pada alat-alat tersebut yaitu :

- 1) Pelampung, misalnya jenis berbentuk silinder atau scow.
- 2) Alat ukur sensor bertekan, misalnya bubble tube, diaphragm gage dan
- 3) Alat ukur sensor elektrik, misalnya resistance, capacitance, oscillating probe.

12. Kalibrasi

12.1 Diperlukan kalibrasi di tempat untuk seluruh sistem ambang tajam segi tiga supaya diperoleh ketepatan jika tidak terdapat standar tertentu. Kalibrasi kelengkapan pendukung sudah cukup asalkan ambang memenuhi semua persyaratan pembuatan.

12.2 Kalibrasi kelengkapan pendukung

1) Buat pengukuran tinggi muka air acuan yang independen berskala atau pointgage untuk memeriksa kelengkapan pendukung. Pengukuran-pengukuran ini paling tepat dilakukan dalam tabung pengukur tinggi muka air atau tabung tambahan jika diperlukan. Titik 0 pada skala atau pointgage harus mengacu terhadap ketinggian mercu atau ujung sudut.

2) Bandingkan tinggi muka air acuan dengan tinggi muka air yang terlihat pada kelengkapan pendukung. Jika bacaan pada alat ini adalah dalam debit bandingkan debit tersebut dengan debit yang diperoleh dari tinggi muka air acuan pada persamaan 1. Pengulangan proses untuk beberapa tinggi muka air akan menyatakan apakah diperlukan penyesuaian titik 0 atau pengaturan jarak. Pengulangan titik-titik terpisah akan memberi informasi ketepatan sistem.

12.3 Kalibrasi sistem secara keseluruhan

12.3.1 Metode; cara untuk mengkalibrasi ambang tajam dipelajari pada metode uji D 3858).

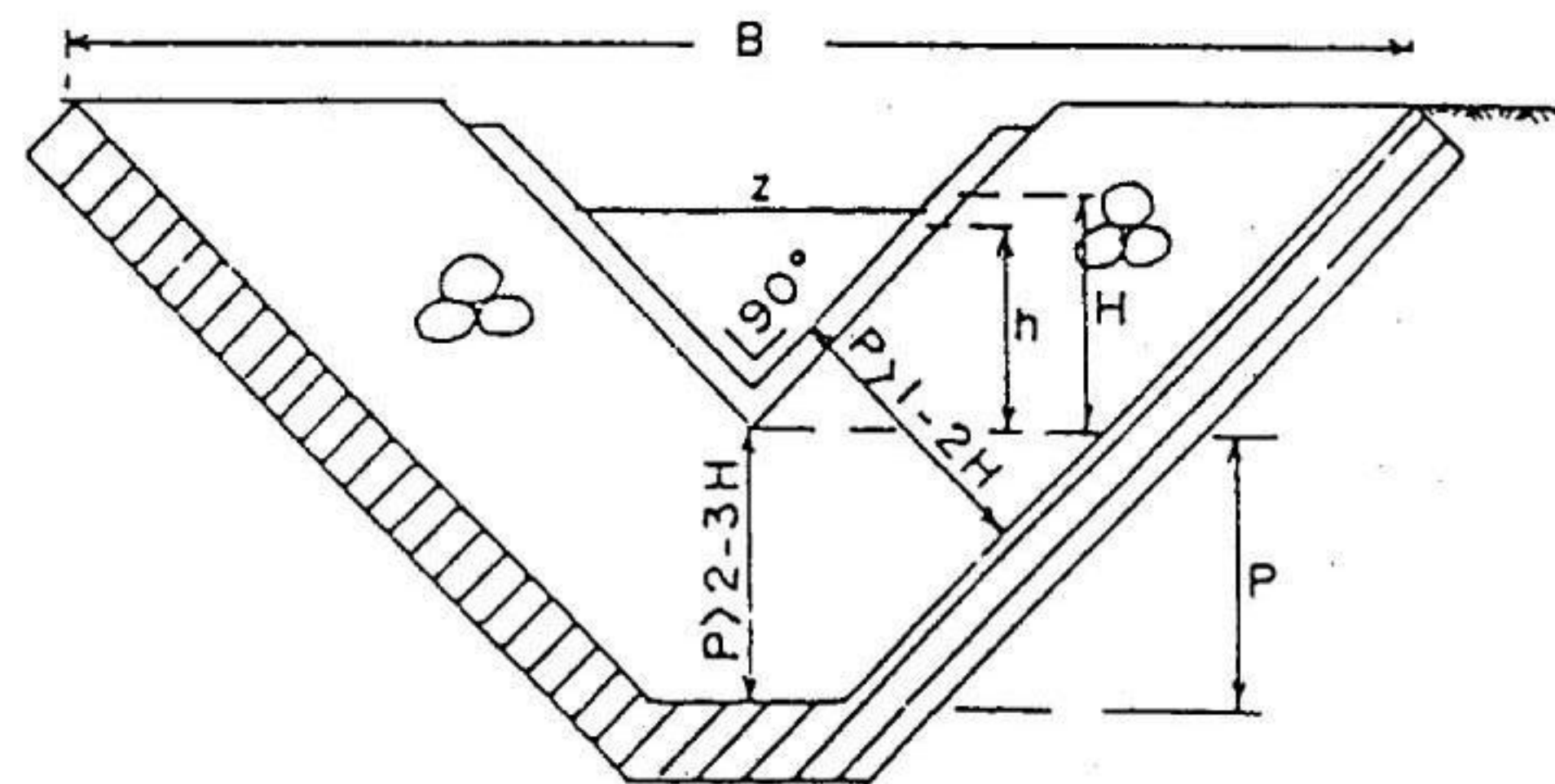
12.3.2 Tidak terdapat metoda kalibrasi tunggal yang dapat digunakan untuk semua situasi lapangan, dan sering metode yang tercantum pada butir 12.3.1 dapat dipertimbangkan. Misalnya tabung dan pipa penghubung yang tepat untuk kalibrasi volume secara langsung untuk aliran besar jarang tersedia, maupun misalnya alat ukur debit acuan, alat ukur venturi atau orifice, hanya dapat digunakan jika tersedia jarak masuk yang tepat. Penentuan metoda yang dapat digunakan menentukan kalibrasi aliran dengan pengulangan untuk menentukan hubungan tinggi muka air-debit. Pengukuran tinggi muka air selama uji coba dilakukan dengan menggunakan alat ukur skala. Lakukan kalibrasi pada kelengkapan pendukung secara terpisah sehingga dikemudian hari pemeriksaan kinerja hanya perlu dilakukan pada kelengkapan pendukung asalkan kondisi yang mencakup kelengkapan utama tidak berubah.

Lampiran A

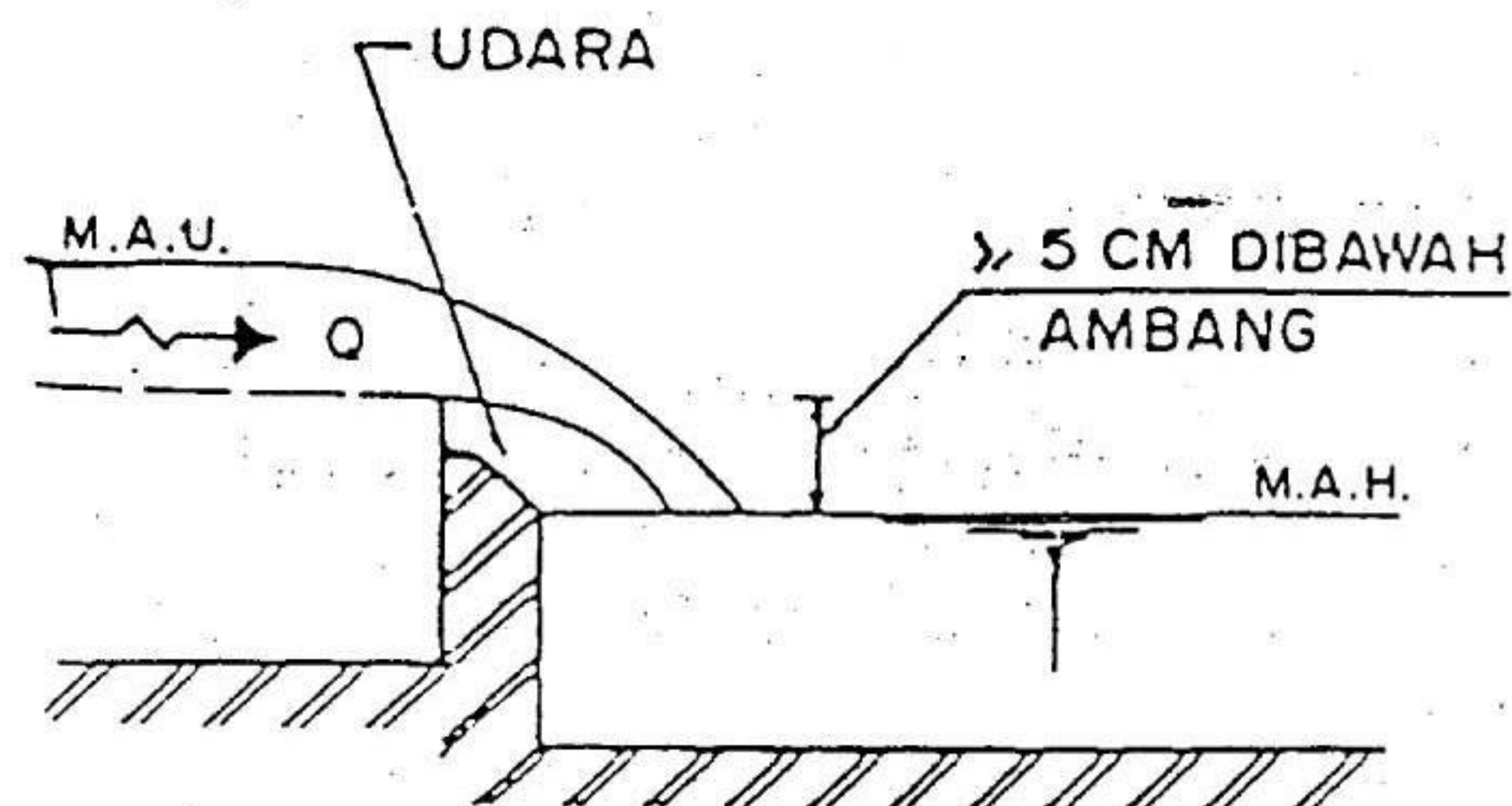
Daftar Istilah

Ambang	: <i>Weir</i>
Ambang tajam segi tiga	: <i>Triangular weir</i>
Kontraksi	: <i>Contractions</i>
Pelat ambang	: <i>Weir plate</i>
Debit	: <i>Discharge</i>
Koefisien debit	: <i>Discharge coefficient</i>
Pengudaraan	: <i>Aeration</i>
Tabung gelembung	: <i>Bubble tube</i>
Dinding ukur	: <i>Diaphragm gage</i>
Tahanan	: <i>Resistance</i>
Kapasitas pengisian	: <i>Capacitance</i>
Deteksi oksilasi	: <i>Oscilating probe</i>

Lampiran B
Contoh Gambar



Gambar contoh bentuk potongan saluran
dan mercu pelat ambang



Gambar contoh rongga udara di bawah pelat ambang

Lampiran C
Daftar Nama dan Lembaga

- 1) Pemrakarsa
Pusat Litbang Teknologi SDA, Badan Litbang Kimbangwil
- 2) Penyusun

NAMA	LEMBAGA
Drs. Erman Marwardi, Dipl. AIT. Ir. Sarwan	Pusat Litbang Teknologi SDA Pusat Litbang Teknologi SDA



BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id